



Universidad Abierta Interamericana
Licenciatura en Producción de Bioimágenes

“Aportes de los estudios imagenológicos en el
diagnostico post mortem y las contribuciones de la
Virtopsia.”

Autora: Barbara Giuliana Lohrmann

Tutora: Gabriela N. Artusa

Director de carrera: Licenciado Carlos Barrio

Lomas de Zamora, Julio 2019



Índice

<i>Tema</i>	<i>3</i>
<i>Problema</i>	<i>3</i>
<i>Estado de tema</i>	<i>3</i>
<i>Justificación</i>	<i>4</i>
<i>Objetivos</i>	<i>4</i>
<i>Objetivo General</i>	<i>4</i>
<i>Objetivos específicos</i>	<i>4</i>
<i>Hipótesis</i>	<i>4</i>
<i>Marco Teórico</i>	<i>5</i>
<i>Física de los medios de diagnostico</i>	<i>5</i>
<i>Virtopsia</i>	<i>20</i>
<i>Principales herramientas de la Virtopsia</i>	<i>27</i>
<i>Tomografía computarizada (TC)</i>	<i>27</i>
<i>Resonancia Magnética</i>	<i>28</i>
<i>Aplicaciones de la Virtopsia.....</i>	<i>31</i>
<i>Indicaciones para realizar una Virtopsia</i>	<i>34</i>
<i>Las diferencias entre el ante-mortem de imágenes y post-mortem</i>	<i>34</i>
<i>Metodología y Procedimientos</i>	<i>40</i>
<i>Variables</i>	<i>40</i>
<i>Análisis de datos</i>	<i>43</i>
<i>Anexos.....</i>	<i>55</i>



Tesis Licenciatura en Producción de Bioimágenes

Tema:

“Aportes de los estudios imagenológicos en el diagnóstico post mortem y las contribuciones de la Virtopsia”

Problema

Las autopsias son una tarea ardua para su operador, siendo de alta peligrosidad para quien las realiza, ya que se encuentra en contacto directo con vías de contagio de enfermedades, si no se toman las precauciones necesarias para evitarlas. Cuestión por lo cual es de vital importancia el diagnóstico por imágenes en dicha tarea con la aplicación y el uso la Radiología convencional.

La utilización de otros medios como la Tomografía y Resonancia Magnética se encuentran en un plano de exploración para el estudio exhaustivo del cadáver, evitando lesionar estructuras importantes para el diagnóstico post mortem. Este medio de diagnóstico tiene ahora un gran avance, la Virtopsia, quien es un sistema muy útil y pertinente para respetar la integridad física, necesaria en quienes rinden culto al cuerpo como pueden ser algunas religiones.

Estado de tema

Actualmente en el campo de las autopsias se utiliza la radiología convencional, a pesar de ello en el 52 Congreso Argentino de Radiología Diagnóstico por Imágenes y Terapia Radiante que se realizó en Buenos Aires se dio a conocer el criterio de la Virtopsia.



Esta autopsia digital, puede suponer una revolución de la medicina legal y forense a la hora de estudiar las causas de la muerte de los pacientes, a pesar de que no reemplazaría los métodos en vigencia como la tanatología, el examen interno y externo del cadáver, como por ejemplo hisopados, extracción de muestras de laboratorio y la apertura del cuerpo.

Justificación:

La presente investigación se intentará demostrar las ventajas de estudiar al humano post mortem en tiempo real, sin deteriorar el cuerpo y hacerlo, además, interactivamente para así conocer las propiedades de los tejidos, indagar las lesiones en modelos tridimensionales sin alterarlos y otras aplicaciones forenses.

Objetivos

Objetivo General

- ✓ Demostrar la importancia de las imágenes en el diagnóstico post mortem.

Objetivos específicos

- ✓ Fundamentar el empleo de la Resonancia y Tomografía como medios capaces de proporcionar información sobre las lesiones de los cadáveres.
- ✓ Presentar las ventajas de las imágenes 3D en la inspección corporal no invasiva en ciencias forenses.

Hipótesis

La Resonancia Magnética y la Tomografía Computada podrían predecir hallazgos y brindar un volumen de información adicional relevante en los estudios post mortem.



Marco Teórico

Física de los medios de diagnóstico

Resonancia Magnética

Creada por Raymond Vahan Damadian, la información obtenida en RM proviene de las propiedades magnéticas naturales de los átomos.

La base física de este fenómeno está dada por la existencia de dos tipos de movimientos de los núcleos atómicos: spin y precesión. Dichos movimientos generan un campo magnético alrededor de cada núcleo, especialmente los átomos que poseen un número impar de protones y neutrones.

Dado que el hidrógeno es el átomo más abundante en los tejidos orgánicos y su núcleo tiene 1 protón (impar) resulta ideal para el examen de RM.

En condiciones normales los vectores de los protones adoptan direcciones aleatorias y se anulan entre sí.

Ahora bien, cuando se introduce un cuerpo en un campo magnético, éste se "magnetiza" temporariamente; es decir que sus núcleos de hidrógeno se alinean con el campo magnético, y precesan alrededor del mismo, creando el llamado "vector de magnetización neta", (pueden alinearse en paralelo o antiparalelo). Dicho vector es la resultante de la suma de los vectores de cada uno de los átomos. Esto se denomina "magnetización longitudinal".

Cuando se aplica un pulso de radiofrecuencia (RF), el objetivo es "voltear" esta magnetización longitudinal hasta el plano transversal, y así crear la "magnetización transversal".

La variación de esta magnetización transversal es lo que puede "leer" el equipo. Interesa medir el tiempo de relajación de los protones de cada tejido.

Existen diferentes tipos de secuencias en la RM, algunas de ellas son:

Secuencias Espín Eco y Turbo Espín Eco:



Son las secuencias básicas de cualquier equipo. Una vez que tenemos al paciente en el interior de nuestro campo magnético con la antena colocada en la región a estudiar, los protones de esa región están alineados en la dirección del campo magnético, y para poder obtener una imagen necesitamos un pulso de excitación de 90° y un pulso de refase de 180° con el cual obtendremos nuestro eco, el eco necesario para la formación de la imagen.

Debemos tener claros ciertos conceptos, que son:

- *Tiempo de Repetición (TR)*: Tiempo que transcurre desde dos pulsos de Excitación principal de una secuencia.
- *Tiempo de Eco (TE)*: Tiempo que transcurre desde el pulso de excitación principal y la obtención del Eco.

Dependiendo de cómo variemos estos tiempos, obtendremos las Potenciaciones en T1, T2 y DP (Densidad Protónica).

	TR 	TR 
TE 	T2 TR Alto y TE Alto	-
TE 	DP TR Alto y TE Bajo	T1 TR Bajo y TE Bajo

Secuencias Inversión-Recuperación (IR)

Es una secuencia derivada del Espin Eco, realiza un Pre-pulso de 180° previo al pulso de excitación de 90° .

El Tiempo de Inversión (TI), es decir, el Tiempo que se tarda desde que se lanza el pre-pulso de 180° hasta que lanzamos el pulso de Excitación es un parámetro que se puede seleccionar en el equipo libremente, dependiendo de qué señal de tejidos quiere anular.



Los dos tejidos que se anulan normalmente son la grasa y el agua. Si anulamos la señal de la Grasa se denomina STIR (Short Time Inversio Recovery), y si anulamos la señal del agua se denomina FLAIR (Fluid Attenuated Inversion Recovery)

Secuencias Eco de Gradiente

Son Secuencias mucho más rápidas que las TSE ya que se utilizan ángulos de inclinación de los Vectores de Magnetización, denominado Flip Angle (FA) menores de 90° (que son los que utilizamos en las SE), lo que provocará una disminución clara del tiempo de Adquisición de la secuencia. Pero no se utilizan pulsos de inversión de 180° , sino una inversión del gradiente para obtener el eco.

La inclinación del Vector, es decir, el Flip Angle, varía entre 10° y 70° para las secuencias EG.

Cuanto mayor es el ángulo (FA), mayor será la Componente Transversal (M_{xy}) y mayor será la señal. El Inconveniente es que, si usan FA Altos, el tiempo será mayor.

La diferencia entre las secuencias EG y TSE para que sean más rápidas, es que no se aplican pulsos de 180° para refase, sino que se aplican gradientes, uno de desfase en el momento en el que se produce la FID (Caída de Inducción Libre), lo que provoca que se refasen los protones y por lo tanto a la aparición del Eco, momento en el cual se aplica otro gradiente de Refase en la dirección de Lectura (o de Codificación de Frecuencia).

Para poder obtener secuencias Eco de Gradientes potenciadas en T_1 , T_2^* o DP, no sólo habría que tener en cuenta el TE y TR como en las secuencias TSE, sino que además se incluirá el Ángulo de Inclinación.



Intensidades de tejidos en t1

Secuencias potenciada en T1

En las secuencias potenciadas en T1, hay que seguir la siguiente tabla con las intensidades de señal de los tejidos:

AGUA	Negro	Hipointenso
HUESO	Blanco	Hiperintenso
MÚSCULO	Gris medio	Isointenso
GRASA	Blanca	Hiperintensa
LIGAMENTOS Y TENDONES	Negro	Hipointenso
SANGRE*	Blanca Negra	Hipointensa Hiperintensa

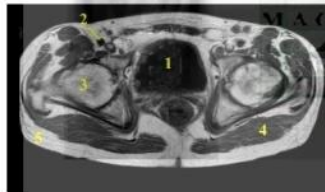


Fig. 16.1 - Axial de Cadera en la que se visualiza la vejiga llena de agua (1), hay vasos sanguíneos (2), los huesos femorales (3), musculatura (4) y grasa (5).

Intensidades de tejidos en t2

Secuencias potenciadas en T2

Con las secuencias potenciadas en T2, se sigue la siguiente tabla:

AGUA	Blanco	Hiperintenso
HUESO	Gris oscuro	Hipointenso
MÚSCULO	Gris oscuro	Hipointenso
GRASA	Gris oscura	Hipointensa
LIGAMENTOS Y TENDONES	Negro	Hipointenso
SANGRE*	Negra Blanca	Hipointensa hiperintensa

Vamos a realizar comparativas con las imágenes anteriores:



Fig. 21.1 - Axial de Cadera: vejiga llena de agua (1), vasos sanguíneos (2), huesos femorales (3), musculatura (4) y grasa (5).

La grasa en las secuencias TSE T2 ha de ser Hipointensa, pero en muchas ocasiones la grasa aparece con la misma intensidad (casi blanca o Hiperintensa) como en las TSE T1, así que no se extraña.

Tomografía Computada

El principio básico que descansa sobre la tomografía axial computarizada es el de emitir un haz de rayos X colimado, que pasa a través de un cuerpo, para llegar a un detector, que mide la intensidad transmitida. Dichas mediciones se realizan en grandes puntos, a



medida que la fuente y el detector se desplazan juntos a través del cuerpo. El gantry gira alrededor del eje del cuerpo y se vuelve a llevar a cabo el barrido. Lo anterior se hace generalmente en intervalos de 1° aproximadamente, hasta alcanzar un total de 180° .

La intensidad de haz transmitido para los puntos de cada barrido y de cada ángulo, se envían a una computadora que reconstruye la imagen del corte.

En los estudios radiográficos con la técnica convencional, la región del paciente de objeto de estudio que es tridimensional queda proyectada en la película como una imagen bidimensional. Por este motivo no tiene la nitidez deseable, ya que existe una superposición de las estructuras anatómicas de esta región. Para eliminar este problema y conseguir una mayor calidad en la imagen se desarrollaron diversas técnicas tomográficas. En la tomografía lineal convencional, los RX realizan un barrido previo de todo el grosor del cuerpo, consiguiéndose la imagen deseada por el movimiento conjunto del foco de RX y de la placa, que borra y desdibuja los planos inferiores y superiores al plano deseado.

La cantidad de radiación que recibe el paciente en este estudio es grande y la nitidez de la imagen se resiente por las imágenes de barrido. La obtención de imágenes en el equipo de TC viene dada por un tubo emisor de un haz de Rx que está enfrentado con suma precisión a una columna de detectores. Ambos, es decir el bloque tubo-detectores, se moverán sincrónicamente para ir girando siempre enfrentados y de esta forma se obtendrán las distintas proyecciones del objeto. Cada detector tendrá un canal por el cual enviará las señales recibidas de cada uno de los detectores en cada proyección, y a partir de ellas reconstruye la imagen, pero siempre quedarán archivadas en la memoria del ordenador o en el disco magnético de donde podrán ser extraídas siempre que se desee. Por tanto, los detectores convierten la señal de radiación en una señal electrónica de respuesta o señal analógica, que a su vez se convierte en “señal digital” por medio de una conversión analógico-digital. Este proceso de conversión lo realiza el computador para poder así trabajar con las medidas recibidas en un sistema binario, que es el que utilizan los ordenadores.



La imagen reconstruida puede ser almacenada pudiendo visualizarla cada vez que se desee. También puede ser impresa en una placa convencional a través de una impresora láser conectada al monitor de visualización.

Los principios básicos, no obstante, pueden explicarse con facilidad si se elige el equipo más simple, compuesto por un haz de RX finamente colimado y un único detector.

La fuente de RX y el detector están conectados de forma que tiene un movimiento sincrónico. Cuando el conjunto fuente de RX-detector realiza un barrido o traslación a través del paciente, las estructuras internas del sujeto atenúan el haz en función de la densidad y del número atómico de los tejidos de la zona. La intensidad de radiación se detecta en función de este patrón y se crea un perfil de intensidades o proyección. Al final de un barrido, el conjunto fuente-detector gira y comienza un segundo barrido. Durante este barrido, la señal del detector vuelve a ser proporcional a la atenuación del haz provocada por las estructuras atómicas internas, y se obtiene una segunda proyección. Si se repite muchas veces el proceso se obtendrán una gran cantidad de proyecciones. Esas proyecciones no se visualizan, sino que se almacenan de forma numérica en el ordenador. El procesado de los datos que realiza el ordenador supone la superposición efectiva de cada proyección para reconstruir la estructura anatómica correspondiente a ese corte.

Entonces, la tomografía axial computarizada se basa en los siguientes principios:

- Reconstrucción de proyecciones: La estructura interna de un objeto puede reconstruirse a partir de múltiples proyecciones de un objeto.
- Principio de Hounsfield: el coeficiente de atenuación lineal expresa la atenuación que sufre un haz de rayos X, al atravesar una determinada longitud de una sustancia dada. Al calcular la atenuación total a lo largo de un rayo particular, es igual a la suma de los coeficientes de atenuación, de todos los elementos que el rayo atraviesa.
- Técnicas de adquisición

La Tomografía cronológica



➤ *Escáneres de primera generación (Tipo I Translación-rotación)*

El funcionamiento se basa en un tubo de Reacción y un detector, este sistema hace el movimiento de translación rotación. Para obtener un corte topográfico son necesarias muchas mediciones y, por tanto, muchas rotaciones del sistema, lo que nos lleva a tiempos de corte muy grandes (superiores a 5 minutos). Se utilizo para realizar estudios a Cráneos.

➤ *Escáneres de segunda generación (Tipo II Translación-rotación)*

En esta generación se utilizan varios detectores y un haz de reacción en abanico (lo que aumentaba la radiación dispersa), con esto se consigue que el tiempo de corte se reduzca entre 20 y 60 seg.

Los escáneres de segunda generación también eran del tipo traslación-rotación y al igual que los de primera ya no se fabrican. En estos equipos hay un conjunto de detectores (entre 5 y 35 detectores), que recogen un haz de Rx en abanico en lugar de un haz tipo lápiz. La desventaja de la radiación en abanico es el aumento de la radiación dispersa en cada disparo, pero esto se limita por la existencia de un colimador en la salida del tubo de Rx y un colimador antes de cada detector. De esta forma se consigue que la influencia de la radiación dispersa sobre la calidad de imagen sea despreciable. La principal ventaja de estos equipos era su velocidad. Tenían entre 5 y 35 detectores de radiación y, por tanto, conseguía tiempos de barridos mucho menores (20 seg./proyección). Además, al ser el haz de rayos en abanico no era necesario realizar tantas traslaciones, ya que la apertura del haz permite que el giro posterior a cada barrido sea de 5 ó de más grados (con un giro de 10º solo se necesitan 18 barridos para obtener una imagen de 180º). Esto y la existencia de un conjunto de detectores permiten que con una sola traslación se obtenga el mismo resultado que con varias traslaciones en un equipo de primera generación (para cada proyección solo se realizaba 2 traslaciones) reduciendo el tiempo de exploración de tres minutos a veinte segundos. La detección simultánea a través de varios detectores aumenta además la calidad de la imagen. El costo de estos equipos



era más elevado que los de 1ª generación, debido a la mayor capacidad del ordenador y a los componentes electrónicos necesarios para almacenar los datos recibidos de forma simultánea por varios canales.

- *Escáneres de tercera generación (Rotación-rotación)*

Se introduce en 1977 y cubre casi la totalidad de TC. En esta generación se vuelve a reducir considerablemente el tiempo de corte, gracias al aumento del número de detectores y a la incorporación de los nuevos avances en el software informático. La principal limitación de los escáneres de 2ª generación era la duración del examen (20seg. /Proyección), debido a la complejidad del mecanismo de traslación y rotación y a la gran masa del conjunto. Para superar esto, los escáneres de 3ª generación presentan las siguientes características:

- No hay traslación, el método de recopilación de datos está basado en un movimiento de rotación y se suprime la traslación, abarcado un ángulo de giro alrededor del paciente de 240º a 360º, según la velocidad.
- El modo de corte es por continuos destellos pulsados durante la rotación, con un haz de radiación monoenergético y en abanico amplio (se abre entre 30-60º)
- Aumentan los detectores, oscilando su número entre 260 y 750, colocados en una matriz curvilínea.
- El tiempo empleado en realizar un corte y representarlo en pantalla oscila entre 4.8 y 10 segundos.

En los aparatos de TC de 3ª generación el haz cubre por completo al paciente durante todo el examen, permitiendo la matriz curvilínea que la distancia entre fuente y detector sea siempre constante, lo que facilita la reconstrucción de las imágenes. Esto permite también una mejor colimación, lo que reduce la radiación dispersa. Este tipo de colimación se llama colimación pre detectora, que tiene un funcionamiento parecido al de una rejilla en la radiografía convencional y colimación pre paciente, que reduce la dosis que recibe el examinado. La colimación pre-paciente determina además el grosor de la sección de tejido que va a ser explorada. Uno de los problemas de los escáneres



de 3ª generación es la aparición ocasional de “artefactos en anillo”, que pueden deberse a que cada detector visualiza cada anillo de la anatomía y si falla un detector o un conjunto de ellos, aparecerá un anillo en la imagen reconstruida.

En los cuales el tubo de reacción y la matriz de detectores giraban en movimientos concéntricos alrededor del paciente. Como equipos de sólo rotación, los escáneres de tercera generación eran capaces de producir una imagen por segundo. El escáner de Tomografía axial computarizada de tercera generación utiliza una disposición curvilínea que contiene múltiples detectores y un haz en abanico. El número de detectores y la anchura del haz en abanico, de entre 30 y 60° y el haz en abanico y la matriz de detectores permiten ver al paciente completo en todos los barridos. La disposición curvilínea de detectores se traduce en una longitud constante de la trayectoria del conjunto fuente-detector, lo que ofrece ventajas a la hora de reconstruir las imágenes. Esta característica de la matriz de detectores de tercera generación permite además obtener una mejor colimación del haz de reacción, con la reducción de la radiación dispersa.

➤ *Escáneres de cuarta generación (Rotación-estacionaria)*

Los escáneres de cuarta generación poseen sólo movimiento rotatorio. El tubo de reacción gira, pero la matriz de detectores no. La detección de la radiación se realiza mediante una disposición circular fija de detectores. El haz de rayos X tiene forma de abanico, con características similares a las de los haces usados en equipos de tercera generación. Estas unidades alcanzan tiempos de barrido de 1 segundo y pueden cubrir grosores de corte variables, así como suministrar las mismas posibilidades de manipulación de la imagen que los modelos de generaciones anteriores.

La matriz de detectores fijos de los escáneres de cuarta generación no produce una trayectoria de haz constante desde la fuente a todos los detectores, sino que permite calibrar cada detector y normalizar su señal durante cada barrido.

El principal inconveniente de los escáneres de cuarta generación es la alta dosis que recibe el paciente, bastante superior a la que se asocia a los otros tipos de escáneres.



Los exploradores de esta generación tienen como características principales:

El método de recopilación de datos es por medio del movimiento rotacional del tubo de rayos X alrededor de una corona estática de detectores enfrentados a él.

El modo de corte es por un haz en abanico con continuos destellos pulsados durante los 360º que dura la rotación.

Los detectores, en número de 424 a 2400, según las casas comerciales, se disponen formando un círculo cuyo centro es el cuerpo del paciente.

El tiempo empleado en la realización y representación de un corte es de 1 a 12 segundos.

- *Escáneres de quinta generación*

Los últimos diseños pretenden una mejor calidad de imagen con un menor tiempo de exploración y una menor dosis para el paciente. En esta clase de exploradores hay múltiples fuentes fijas de Rx que no se mueven y numerosos detectores también fijos. Son muy caros, muy rápidos y con tiempos de corte cortísimos.

- *Escáneres de sexta generación*

Se basan en un caudal relevante de electrones. Es un cañón emisor de electrones que posteriormente son reflexionados (desviados) que inciden sobre láminas de tungsteno. El detector está situado en el lado opuesto del gantry por donde entran los fotones. Consigue 8 cortes contiguos en 224 m/seg.

El resultado final de la reconstrucción por la computadora es una matriz de números, que no se visualiza en pantalla, por lo que un procesador asigna a cada número un tono de gris. Los valores numéricos de la imagen se relacionan con los coeficientes de atenuación.

- *TAC helicoidal*



Gracias a los importantes avances del hardware en estos años, se ha logrado un nuevo método de tomografía computarizada (TC), el TAC helicoidal (TCH), que aprovecha el giro continuo de detectores y tubo productor de rayos X con el movimiento continuo de la mesa de estudio. El conjunto de todos estos movimientos hace que la resultante sea una espiral o hélice. Con esta forma de estudio se logra que el tiempo útil sea el 100%, mejorando considerablemente el tiempo de exploración. El TC espiral o helicoidal se utiliza desde 1989, siendo un instrumento de diagnóstico nuevo y de mejores prestaciones que los anteriores. El término “espiral” hace referencia al movimiento aparente del tubo de rayos X durante el examen. Con esta técnica es posible obtener mejores imágenes de estructuras anatómicas implicadas en los movimientos respiratorios, resultando muy adecuada en el estudio del tórax, abdomen y pelvis, aunque también nos permite obtener imágenes de otras regiones del cuerpo en las que no existen problemas de movimiento como son la cabeza, la columna y las extremidades. Los actuales equipos de TAC helicoidal se llaman TAC multidetector. La adquisición Helicoidal, implica tener que manejar una gran cantidad de datos, hecho que fue solucionado con nuevas computadoras, cada vez más rápidas, y con la utilización de disco duros, también de gran capacidad de almacenamiento. Fue necesario elaborar nuevos algoritmos de reconstrucción ya que ahora la adquisición, no se hace con la camilla parada, sino que ésta está en continuo movimiento. Los algoritmos tienen que ser capaces de reconstruir las imágenes en los distintos planos, como si la camilla estuviese parada.

➤ *TAC helicoidal Multicorte*

A finales de los años 90, se produce una mejora en la TAC helicoidal surgiendo la Tomografía Computada Helicoidal Multicorte, donde el tiempo de exploración ya se había reducido a 0,5 seg. Esta velocidad exponía a los componentes del Gantry a una fuerza centrífuga equivalente a 13 veces la fuerza que debe realizar el transbordador espacial en sus vuelos al espacio exterior. Esto hizo que se tuvieran que rediseñar los generadores de Rayos X (incorporados al Gantry), los Tubos de Rayos X, y las placas electrónicas que están en la parte móvil. Por otro lado, se desarrollaron equipos con varias matrices de detectores para producir varios cortes al mismo tiempo en que antes



se producía uno solo (los detectores Matriciales permitían la adquisición simultánea de 4 cortes por giro) Habiendo llegado a una importante frontera tecnológica (el giro de 0,5 seg. así lo parecía) las mejoras iban a venir por el lado de adquirir más rápido antes que reducir aún más el tiempo de adquisición. Es cuando comienzan a surgir equipos que realizan 8 y 16 cortes simultáneos. Y actualmente ya se habla de 32 y 64 cortes por giro. Esta tecnología ha revolucionado el diagnóstico por imagen ya que las ventajas introducidas son enormes.

Inicialmente, estos equipos tenían dos coronas de detectores situadas en paralelo para adquirir datos simultáneamente durante una sola rotación del sistema de exploración, dividiéndose el haz de rayos X en dos haces iguales por los colimadores pre-detectores de cada corona. Estos sistemas han ido evolucionando rápidamente, de forma que, hoy existen en el mercado equipos de TAC multicorte que poseen hasta 32 o más coronas de detectores dispuestas en paralelo. Las coronas de detectores pueden estar diseñadas con detectores de igual anchura o con detectores de anchura variable (asimétricos) y un colimador después del paciente que define la anchura del corte.

Otros equipos llegan a utilizar hasta 32 coronas de detectores, cada uno con una anchura de 0,5 mm, siendo la anchura total de los detectores de 16 mm. Con este diseño se pueden obtener 4 cortes contiguos con anchura desde 0,5 mm cada uno, hasta 4 mm cada uno. Los cortes más anchos para un mismo miliamperaje tienen mejor contraste, ya que la señal detectada es mayor, pero tiene menos resolución espacial por el aumento del tamaño del vóxel. También se puede analizar un volumen de tejido más grande con el mismo contraste y un menor mA. Algunos equipos de TAC multicorte para compensar la pérdida de resolución espacial usan colimadores de detectores adicionales, pero tienen el inconveniente de desaprovechar rayos X, teniendo que aumentar el mA para conseguir la misma intensidad de señal. Por tanto, aumentará la dosis de radiación al paciente. A estos equipos se les denomina equipos de TAC multicorte de alta resolución.

Entre los parámetros que hay que determinar en la exploración de TC multicorte están el factor de desplazamiento del haz y el factor de desplazamiento del corte (pitch). El



factor de desplazamiento del haz relaciona el movimiento de la camilla del paciente por cada revolución de 360º por la anchura del haz de RX.

$$\text{Pitch} = \frac{\text{Avance de la mesa por cada rotacion}}{(\text{Numero de cortes por cada rotacion}) \times (\text{Espesor de corte})}$$

El factor de desplazamiento del corte o pitch del TC helicoidal es el movimiento del paciente cada 360º dividido por el grosor del corte. El pitch determina la separación de las espirales, de tal manera que a 10mm de desplazamiento de la mesa por segundo, si cada giro dura un segundo, y el grosor de corte fuese de 10mm correspondería un pitch 1; o, dicho de otro modo, el índice de pitch sería 1:1. El factor de desplazamiento del corte no tiene gran aplicación en el TC multicortes, teniendo más utilidad el factor de desplazamiento del haz. En la práctica el factor de desplazamiento del haz es normalmente 1,0. En la TC multicortes se pueden adquirir 4, 8 ó 16 cortes en el mismo tiempo en el que antes se adquiriría uno solo.

El ritmo de adquisición de cortes (SAR = slice acquisition rate) es una medida de la eficacia del sistema de adquisición de imágenes del TC multicortes.

La principal ventaja de la TC multicorte es que se puede analizar una cantidad más grande de tejido. Hoy en día es posible analizar el cuerpo entero en el tiempo en que el paciente aguanta la respiración una sola vez.

Fotogrametría

La fotogrametría es la ciencia o técnica cuyo objetivo es el conocimiento de las dimensiones y posición de objetos en el espacio, a través de la medida o medidas realizadas a partir de la intersección de dos o más fotografías, o de una fotografía y el modelo digital del terreno correspondiente al lugar representado, el cual ha de ser realizado anteriormente por intersección de dos o más fotografías.



La palabra fotogrametría se deriva del vocablo "fotograma" (de "phos", "photós", luz, y "gramma", trazado, dibujo), como algo listo, disponible (una foto), y "metrón", medir. Por lo que resulta que el concepto de fotogrametría es: "medir sobre fotos". Si trabajamos con una foto podemos obtener información en primera instancia de la geometría del objeto, es decir, información bidimensional. Si trabajamos con dos fotos, en la zona común a éstas (zona de solape), podremos tener visión estereoscópica (capacidad de integrar dos imágenes); o, dicho de otro modo, información tridimensional. Esta técnica es básica para la elaboración de toda la cartografía, ya sea topográfica, temática, catastral, etc. Puede ayudarse de información espectral y radiométrica de una imagen digital apoyada en la teledetección. La fotogrametría puede ser terrestre o aérea dependiendo desde donde son obtenidas las imágenes.

Sus aplicaciones son numerosas:

- Agronomía.
- Cartografía.
- Ortofotografía.
- Arquitectura.
- Planeamiento y ordenación del territorio.
- Medio ambiente.
- Arqueología.
- Control de estructuras.
- Mediciones.
- Topografía.
- Medicina.
- Zoología

Entonces se define como una técnica de medición de coordenadas 3D que utiliza fotografías u otros sistemas de percepción remota junto con puntos de referencia topográficos sobre el terreno, como medio fundamental para la medición.

Tipos de Fotogrametría



Existen tres formas de hacer fotogrametría:

- Fotogrametría analógica: Son los modelos matemáticos utilizados. Evidentemente, fue la primera parte de la fotogrametría en desarrollarse.
- Fotogrametría analítica: Se encarga de aplicar los modelos matemáticos a objetos físicos. Fue la segunda parte en desarrollarse.
- Fotogrametría digital: Con la aparición de los ordenadores, se sustituye la imagen analógica por la imagen digital, del mismo modo que se empiezan a utilizar programas informáticos. En la actualidad la fotogrametría digital convive con la analítica.
- Fotogrametría Aérea: Es en donde las estaciones se encuentran en el Aire, esta se aplica para la elaboración de planos y/o mapas para el desarrollo de proyectos de Ingeniería.
- Fotogrametría Terrestre: En este caso las estaciones se encuentran a nivel del suelo.



Virtopsia

La Virtopsia no sólo es el punto de encuentro entre dos disciplinas médicas, para el diagnóstico radiológico y la medicina forense, sino también la evolución y tal vez una revolución en la medicina forense.

Muchas de las ciencias forenses, tales como la genética y la toxicología forense, ya han implementado técnicas modernas, las cuales están revolucionando estos campos. En contraste con esto, la medicina forense aún utiliza métodos basados en evidencia introducidos desde hace siglos.

El estándar de oro para examinar las causas de un fallecimiento es la apertura del cadáver, además de realizar una descripción oral exacta y una documentación escrita del mismo. Los hallazgos internos y externos importantes son documentados por fotografía convencional de dos dimensiones. Infortunadamente, en muchos de los casos, después de esta observación subjetiva y dependiente del observador no hay oportunidad de repetir un examen porque el cuerpo ha sido cremado o ha alcanzado un estado poco favorable para la investigación. Por lo tanto, los hallazgos que no han sido documentados son imposibles de evidenciar.

Adicional al estudio del porqué del deceso, la medicina forense tiene otro objetivo, que es el de documentar, analizar y juzgar hallazgos médicos de personas vivas. En este campo, son utilizados los mismos métodos de documentación y descripción empleados en la autopsia clásica.

El rápido desarrollo de la medicina moderna ha pasado por la medicina forense sin una influencia relevante. A pesar de que algunos autores como Brogdon y Vogel han mencionado la utilidad de la radiología en medicina forense, las herramientas radiológicas no han encontrado su puesto en la rutina de la medicina forense durante mucho tiempo. Sólo en casos especiales, las técnicas radiológicas como la radiología convencional y la tomografía computarizada (TC) son usadas en el contexto forense, por ejemplo, para demostrar heridas por arma de fuego y con el fin de encontrar drogas escondidas en las cavidades corporales de los llamados “embaladores”.

A pesar de ello, en Argentina, se hace uso de la TC mayormente en el plano pediátrico forense para preservar el cuerpo.



En 1977, se realizó la primera TC post mortem para describir una herida por arma de fuego en la cabeza. En los siguientes años, pocos artículos aparecieron comparando los hallazgos de la autopsia con los de la TC post mortem.

Con la invención de la TC helicoidal en 1989, se hizo posible la reconstrucción tridimensional de los datos. Esta herramienta fue utilizada para asuntos forenses, pero su aplicación no incrementó mucho el uso de técnicas radiológicas en medicina forense. La resonancia magnética (RM) también se ha utilizado en cadáveres, lo que ha hecho posible las correlaciones entre la autopsia y la imagen en sección transversal.

El examen de cuerpo completo, previo a la autopsia, con la tomografía computarizada multicorte (TCM) y la resonancia magnética (RM), y la comparación de estas técnicas imagenológicas de corte transversal con los resultados de la autopsia convencional es parte del trabajo realizado dentro del proyecto Virtopsia® en el Instituto de Medicina forense en Berna, Suiza. Como el nombre “Virtopsia” (significa “virtual” y “autopsia”), este proyecto tiene como objetivo desarrollar y validar nuevos enfoques que permitan una autopsia “virtual” mínimamente invasiva. Los estudios realizados por este proyecto fueron aprobados por el Departamento de Justicia local y el Comité de Ética de la Universidad de Berna. Debido a la estrecha colaboración con los Institutos Radiológicos en Berna, un equipo de especialistas forenses y radiólogos está trabajando en la comparación sistemática de los hallazgos radiológicos y los obtenidos por las autopsias tradicionales. En colaboración con la policía, la digitalización óptica de superficie en 3D y la fotogrametría son aplicadas en algunos casos forenses y los datos de todas las técnicas realizadas son combinados para resolver casos forenses. Otras aplicaciones adicionales que también se han implementado en el proyecto Virtopsia son la biopsia post-mortem, angiografía post-mortem, Micro-RM, Micro-TC y RM-espectroscopia.

La idea de la autopsia virtual germinó en la mente del profesor Gil Brogdon en 1998, para modernizar su disciplina al descubrir una disminución del interés en las autopsias científicas a favor de las autopsias forenses. Seguidamente, fue desarrollada en el año 2000 por Richard Dirnhofer, director del Centro Médico Universitario de Berna, Suiza, con la hipótesis de que esta técnica de imágenes podría predecir hallazgos en autopsias brindando información adicional. Hasta ahora, el patólogo forense Michael Thali



(director del programa de investigación forense de la Universidad de Berna), ha realizado más de cien de estas autopsias virtuales en los últimos tres años sin usar un bisturí y disección.

Aunque se espera que pasen aproximadamente algo de diez a quince años antes de que este método se acepte, en algunos tribunales de Suiza ya se están presentando sus resultados, todo sin mancharse las manos.

Por otro lado, la principal aplicación de la virtopsia en el campo de la Patología Forense, es el estudio de las lesiones y de las causas de muerte del individuo, a través de la identificación de hematomas ocultos, traumatismos, asfixia, objetos extraños, estudio de impacto de proyectiles, así como la trayectoria orgánica de lesiones por armas de fuego o armas blancas, especialmente cuando el cuerpo presenta múltiples contusiones, la ubicación de los impactos explosivos, antecedentes de maltrato o muerte súbita del infante, convirtiéndose en una herramienta de suma utilidad en el esclarecimiento de casos legales.

Las herramientas más frecuentemente utilizadas en la medicina forense, a saber, son:

- Tomografía computada multicorte
- Resonancia magnética
- Fotogrametría
- Escaneo de superficie en 3D

Pese a su denominación, estos procedimientos no obtienen sólo imágenes reales del interior del cuerpo, sino ficheros informáticos que contienen, aparte de los datos que permiten reconstruir una región anatómica, información sobre muchos otros aspectos como densidades, calibraciones, condiciones de la captura, etc.

Desde hace un tiempo, y fomentado en parte por el declinar del número de autopsias en medios hospitalarios, se ha ponderado el empleo de procedimientos alternativos a la autopsia tradicional que han dado en llamarse "opsias". Ejemplos son las ecografías post-mortem (ecopsias), la endoscopia cadavérica (endopsia), y otros que utilizan, por ejemplo, técnicas radiológicas (radioscopsias).

Entonces, la Virtopsia es el conjunto de procedimientos de análisis y proceso de imagen obtenidas mediante medios imagenológicos como la Tomografía Axial Computada, la



Resonancia Magnética y la Radiología tradicional, con finalidad forense para dar a conocer las causas anatomo- patológicas del deceso de una persona.

Previo a la descripción del estudio por imágenes de cadáveres se deben conocer los cambios post mortem, así como los procesos de descomposición y putrefacción.

La ventaja es poder estudiar el cuerpo humano o una región anatómica en tiempo real, sin abrir o mutilar el cuerpo y hacerlo, además, interactivamente.

La virtopsia puede recaer sobre un cadáver o una persona viva, y permite, entre otras cosas, detectar detalles ocultos, conocer las propiedades de los tejidos, investigar las modalidades de lesión en modelos tridimensionales sin alterarlos, y de más.

Los grupos de trabajo con la Virtopsia no sólo existen en Suiza. Actualmente, otros institutos están trabajando en la aplicación de la RM y la TCM en medicina forense. Por ejemplo, la Oficina Médico Forense de las Fuerzas Armadas (Washington DC, Dover, Del), el Instituto de Medicina Forense de Copenhague, Dinamarca y el Instituto de Patología de Victoria en Sydney, Australia, e incluso en Argentina, ya han instalado sus propios escáneres TC. En Japón, la Sociedad para Imágenes de Autopsia fue fundada en 2003. Con el desarrollo de técnicas radiológicas, como la matriz de imagen total en resonancia magnética, la cual reduce los tiempos de examen forense por RM, estas herramientas serán cada vez más fáciles de implementar en la rutina diaria de la medicina forense. Herramientas adicionales, como la angiografía post-mortem, también se aplican en el proyecto Virtopsia. Los primeros estudios muestran resultados prometedores que permiten mostrar el sistema vascular, lo cual es imposible realizar mediante una autopsia tradicional. El desarrollo de la biopsia y angiografía post-mortem junto con la RM y la TCM marcarán nuevas tendencias hacia una autopsia mínimamente invasiva. Diferente a las imágenes de sección transversal antes de la autopsia, una autopsia mínimamente invasiva tiene el potencial, en el futuro, de reemplazar a la autopsia tradicional. Sobre todo, en ciertos círculos culturales, donde una autopsia se estigmatiza o, incluso, se prohíbe; una autopsia virtual mínimamente invasiva podría ayudar al sistema judicial, sin violar prohibiciones religiosas.

La gran ventaja de la TCM en la identificación de cuerpos es también útil en la identificación de víctimas de catástrofes.



La virtopsia usa las técnicas de API sobre imagen digital procedente de dispositivos radiológicos de imagen (principalmente TC y RNM).

Algunas de las técnicas API comprenden:

- Magnificación
- Filtrado
- Detección de bordes
- Manipulación de paletas
- Sustracción de fondos y de imágenes
- Reconstrucción (2-d, 3-d)
- Interacción de píxeles (división, multiplicación, suma, resta, etc.)
- Manipulación matemática de píxeles (mediante operaciones aritméticas o funciones)
- Segmentación

Además de estas técnicas, se realiza en paralelo o a la par ciertas técnicas de análisis sobre la imagen obtenida del cadáver, como las siguientes: morfometría, densitometría, reconstrucciones tridimensionales y otros procesos como el contaje, colorimetría, etc. Estas traerán información relevante y adicional, además de lo macroscópico, acerca de los causales del deceso. En la virtopsia pueden emplearse cualquiera de estas técnicas, tanto de análisis como de proceso. La ventaja es que podemos hacerlo interactivamente y sin alterar el modelo, que quedará siempre a nuestra disposición para continuar el análisis interactivo.

Algunos han llamado visualización interactiva de imagen a la posibilidad de examinar los ficheros obtenidos por las técnicas de radiología digital, mediante la interacción en tiempo real con las imágenes obtenidas. Esto es, en realidad, una combinación de las técnicas de proceso y de análisis de imagen pues podemos aplicar algunas de las técnicas API.

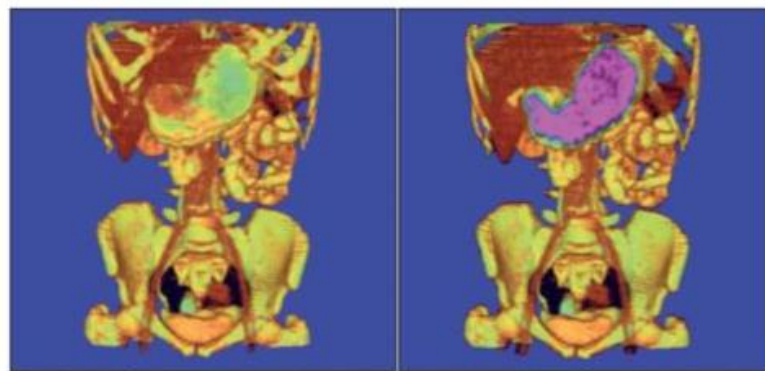
De la misma manera que un patólogo forense precisa conocer las técnicas macro y microscópicas de examen, la virtopsia requiere del prosector virtual que posea un



profundo conocimiento de los recursos informáticos que posibilitan este tratamiento de la imagen digital. Algunos de estos son, por ejemplo, las técnicas 3D las cuales constan de:

➤ Reconstrucciones:

Es una de las técnicas que producen resultados más espectaculares dentro del análisis de imagen vinculado a la autopsia (Fotos 3 y 4). Su empleo como elemento capaz de proporcionar información sobre las lesiones y también como patrón reconstructivo del suceso ha sido recientemente enfatizado.



Figuras 3 y 4. Imágenes de virtopía torso-abdominal. En 3 son visibles la mayoría de las vísceras abdominales, así como estructuras retroperitoneales, como el uréter derecho y el intestino delgado. La exploración se realizó en sujeto vivo, con contraste baritado, de ahí que el estómago e intestino delgado aparezcan tan visibles. Igualmente es patente la aorta y la bifurcación ilíaca. En 4 se aprecia la mucosa gástrica al haberse cortado virtualmente el estómago.

Mediante este procedimiento podemos generar un modelo tridimensional del caso que, a su vez, puede ser sometido a visualización interactiva. Además, podemos procesarlo virtualmente, mediante cortes en el sentido que queramos, sustracciones de elementos como partes blandas, hueso, etc. pueden calcularse volúmenes, trayectorias, ángulos o cualquier otro elemento morfométrico, con el evidente interés que ello depara en la reconstrucción de los hechos y su posterior presentación.

Estas técnicas pueden ser aplicadas además tanto en el cadáver como en el vivo, con lo que exceden el campo de actuación de la patología post mortem para entrar de lleno en la valoración de daño corporal.



También los ficheros de imagen contienen información acerca de la estructura molecular y mineral del espécimen con lo que podrían en un futuro a través de la reconstrucción adquirirse incluso las propiedades fisicoquímicas del objeto (resistencia, elasticidad, coeficiente de rozamiento, peso, deformabilidad, etc.). Esto es de gran importancia en reconstrucción 3D pues si sabemos, cuáles son las características físicas de un cráneo conoceremos, por ejemplo, que fuerza hay que aplicar para romper el hueso en ese caso, lo que sería enormemente útil desde el punto de vista médico-legal.

➤ Dramatizaciones:

Son recreaciones animadas de un suceso a partir de los elementos de índole científica que puedan obtenerse del hecho. Es deseable que los datos se aproximen con la mayor exactitud a elementos cuantificables obtenidos del suceso. Pese a ello la dramatización resulta extraordinariamente útil en el contraste de varias hipótesis en un caso. En ocasiones esta simulación puede bastar para rechazar alguna de ellas, sin que se confirme, lógicamente ninguna, lo que siempre es mejor que nada. En ocasiones los testigos a los que se les presentan pueden proporcionar sobre la pantalla datos fiables en cuanto a cuál de ellas es la más cercana a la realidad.

➤ Morfometría:

Se trata de efectuar mediciones sobre una imagen relativas a parámetros relacionados con su forma y dimensiones, de los que podamos extraer aquellos análogos que corresponden al objeto al que pertenece la imagen. Estas mediciones resultan de enorme utilidad en el estudio forense de las lesiones.

La morfometría puede en el volumen tridimensional del cuerpo, con sus medidas reales, lo que supone una gran ventaja. Igualmente, puede interactuarse con el modelo para simular aperturas, segmentar regiones de interés, aislar órganos y un largo etcétera. La autopsia se convierte virtual.

➤ Densitometría:



Se basa en la existencia de una correspondencia entre la densidad óptica de la imagen (DO) y la intensidad o luminosidad de un píxel en la imagen.

En Antropología Forense el estudio de las densidades óseas puede ser relevante en el diagnóstico de la data de la muerte.

Principales herramientas de la Virtopsia

Tomografía computarizada (TC)

En el proyecto Virtopsia, la TCM es la herramienta más utilizada. El Instituto de Medicina Legal en Berna posee un escáner detector de seis filas (Emotion 6, Siemens Medical Systems, Erlangen, Alemania), por lo tanto, este tipo de imágenes de corte transversal hace parte de la rutina diaria en Berna. En la actualidad, más de 200 casos han sido sometidos a una TCM antes de la autopsia y estos resultados fueron comparados con los resultados de la autopsia realizada por patólogos forenses y radiólogos certificados, de acuerdo con los parámetros del Instituto de Patología de las Fuerzas Armadas.

Para evitar la contaminación de los equipos de radiología, facilitar el transporte del cuerpo y proteger la identidad de la persona fallecida durante un examen post-mortem, cada cuerpo estaba envuelto en dos bolsas para cadáveres libres de artefactos. Los exámenes de cuerpo completo fueron hechos con un escáner de cuatro o seis filas de detectores. El espesor de corte fue de 1,25 mm y el incremento de reconstrucción fue de 0,7 mm en tejidos blandos y centros óseos. Las regiones de interés especial, como fracturas o dientes, fueron escaneados con un espesor de corte de 0,63 mm y un incremento de 0,5 mm. De acuerdo con los resultados obtenidos, TCM es una excelente herramienta para potenciar la autopsia tradicional y puede, en el futuro, reemplazarla en ciertos casos. La principal ventaja de un análisis por TCM previo a la autopsia es que proporciona información adicional a la autopsia tradicional.

La tomografía puede ser útil y ventajosa para:

- Detección y demostración de fracturas
- Detección de aire



➤ Detección de cuerpos extraños

Resonancia Magnética

En el Instituto de Radiología Diagnóstica del Hospital Universitario de Berna, la RM de las personas sin vida se llevan a cabo en un sistema de 1,5 T (Signa v5.8, GE Medical Systems, Milwaukee, WI, EE.UU.). Para ello, los cuerpos son envueltos en dos bolsas para cadáveres, antes del examen. Se proceden a escanear cabeza, tórax y abdomen, y, según el caso, otras zonas del cuerpo (por ejemplo, extremidades lesionadas). Con la ponderación de contraste diferentes se adquieren las imágenes coronal, sagital y axial (T1spin-eco y T2-ponderados rápido spin echo secuencias con y sin saturación de grasa, turbo secuencias de recuperación de la inversión y las secuencias de eco de gradiente). Cuando se esperan encontrar hallazgos cardíacos, se adquieren imágenes de los ejes corto, horizontal y vertical del corazón. El rango de los tiempos de adquisición es de 1,5 a 3,5 h. Similar a la RM clínica, la medicina forense también está utilizando esta herramienta para detectar hallazgos patológicos de los tejidos blandos, como grasa subcutánea y de los órganos internos. Del mismo modo, mediante el uso de RM con TCM se pueden detectar hemorragias fatales e hipotermia. Una aplicación especial de la RM es la asfixia fatal en ahorcados. Esta técnica se usa como una herramienta adicional para el examen externo de víctimas que sobrevivieron a la estrangulación, debido a que ésta no es invasiva y a que el examen no requiere exposición a radiación.

Espectroscopia por RM

Este procedimiento se considera una técnica promisoría para la evaluación no invasiva del metabolismo de determinada área del cuerpo, que no requiere sustancias radioactivas para su proceso debido a la abundancia de protones en forma natural, y, además, requiere de un tiempo no mayor a 6 minutos para su realización, determinando las concentraciones relativas de sus metabolitos y las interacciones producidas entre ellos.



De esta manera, a la información morfológica que aporta la RM se suma la información bioquímica que brinda la ERM.

Para determinar la data y la hora de la muerte, en la autopsia virtual se emplea la espectroscopía por resonancia magnética, una técnica que mide determinadas sustancias del cerebro que se segregan durante la descomposición post mortem siendo posible determinar datos del cadáver.

La ERM marca el comienzo de una nueva era en la neurorradiología, presentándose como un método no invasivo, relativamente rápido y de fácil utilización, capaz de ofrecer una información metabólica, bioquímica y funcional del sistema nervioso central, siendo capaz de aumentar la especificidad diagnóstica, informar sobre el pronóstico, la evolución de la lesión y evaluar la repuesta terapéutica.

Como objetivo sostiene lograr una determinación objetiva y cuantitativa del tiempo de muerte en cuerpos humanos, llamado IPM (intervalo post mortem). La valoración del IPM es un problema frecuente en medicina legal.

Los métodos clínicos valiosos para determinar el IPM se han establecido para los tres primeros días, pasado este periodo los métodos objetivos faltan, y la valoración del IPM es fuertemente dependiente de la experiencia del médico legista.

Si bien el “gold standard” para establecer el diagnóstico definitivo de una lesión cerebral sigue siendo la biopsia, la ERM ayudaría en determinados casos a evitar biopsias innecesarias (en procesos no tumorales o en tumores no accesibles) y, en otros, a dirigir la biopsia a la zona de mayor anaplasia.

Fotogrametría digital y escaneo de superficie en 3D

Además de las técnicas radiológicas para la documentación de los resultados internos en el proyecto Virtopsia, la fotogrametría digital y el escaneo de superficie en 3D, se utilizan para la documentación de los hallazgos externos y de lesiones infligidas por instrumentos. Para este método, en el proyecto Virtopsia, se usa el sistema GOM TRITOP/ ATOS III (GOM, Braunschweig, Alemania), el cual reproduce la geometría de un objeto en 3D, con alta resolución. La digitalización de un objeto consiste en dos pasos.



En primer lugar, la fotogrametría se realiza para predefinir puntos discretos del objeto. Por lo tanto, se aplican al objeto objetivos de referencia y marcadores de código, así como las escalas codificadas. A continuación, se toman varias imágenes desde diferentes puntos de vista. Las fotos se transfieren a la computadora y el software TRITOP calcula las coordenadas 3D de los puntos de referencia. Durante el escaneo de superficie en 3D, que constituye el segundo paso del proceso de digitalización, las exploraciones sencillas de estos puntos de referencia se combinan, de forma automática, a partir de diferentes puntos de vista alrededor del objeto, generando un conjunto completo de datos en 3D. El escáner de superficie ATOS III consta de una unidad de proyección central y dos cámaras digitales montadas al lado del proyector. Un patrón de franjas es proyectado sobre la superficie del objeto, el cual es registrado por dos cámaras CCD. El sensor está conectado a un PC de gama alta. Todas las imágenes capturadas son inmediatamente transferidas. Basado en el principio de triangulación, el software de escaneo ATOS calcula coordenadas 3D de hasta 4 millones de puntos de superficie por medición. Los resultados de estos métodos de digitalización son modelos en 3D a color, basados en datos reales, de la superficie de un cuerpo, un accidente vehicular o un arma. Los modelos muestran hasta las más mínimas lesiones o defectos. Combinados con los datos radiológicos, estos modelos son empleados para reconstrucciones de accidentes y homicidios. Por ejemplo, la reconstrucción basada en datos reales puede ser usada para comparar una herida de bala con una pistola, la cual se encontró en la escena del crimen. El modelo 3D de la presunta arma puede ser combinado con el modelo de la lesión. La morfología de la lesión puede ser comparada con la figura de la pistola. Esto puede probar que la pistola es el objeto causante del daño y también revela la posición exacta de la pistola en el momento del disparo. Esta situación es importante, especialmente, en casos donde se sospecha un suicidio. En accidentes de tránsito, las reconstrucciones de la evolución de un accidente, especialmente la situación de impacto se puede realizar mediante la comparación de las lesiones de la persona y los defectos de los vehículos, mediante el uso de los datos 3D de superficie. Esta herramienta es muy útil para la



reconstrucción de accidentes de tránsito complicados, donde una autopsia tradicional difícilmente conduce a una solución del caso.

Aplicaciones de la Virtopsia

Desde el inicio del proyecto “Virtopsia”, en el año 2000, se ha acumulado una gran cantidad de experiencia utilizando la radiología en el ámbito de la medicina forense, demostrando así tanto el potencial como las limitaciones del proyecto. Un aspecto vital de este proyecto es la estrecha colaboración entre los patólogos forenses y los radiólogos. La aplicación de TC y RM antes de la autopsia, puede aportar grandes ventajas. En la mayoría de los casos y mediante el uso de estas dos herramientas, la causa de muerte fue detectada antes de la autopsia. En la actualidad, todavía es necesario probar cada hallazgo radiológico, comparándolo con los resultados de la autopsia tradicional para evaluar los nuevos métodos imagenológicos.

La fotogrametría y el escaneo de superficie en 3D, ya tienen utilidad en la corte, donde han sido aceptadas. Otras herramientas de Virtopsia también han despertado interés en los departamentos de policía y justicia, quienes están dispuestos a implementar estos nuevos métodos en el manejo de sus casos. Ya es rutinario que se soliciten reconstrucciones en 3D de los datos obtenidos por TCM y exámenes de RM de los sobrevivientes de estrangulación, por ejemplo.

➤ Patología Forense

La principal aplicación en este campo es el estudio de las lesiones y de las causas de muerte.

La identificación de hematomas ocultos, el estudio del impacto, de trayectorias de lesiones (armas de fuego o armas blancas) pueden ser de suma utilidad en el esclarecimiento de un caso. Además, las mediciones morfométricas de las lesiones son exactas y permiten una exhaustiva documentación del caso, que puede ser sometido a reexamen tantas veces como sea necesario.



La etiología y la causalidad de las lesiones pueden ser estudiadas de una manera muy precisa. A título de ejemplo, una fractura craneal o espinal puede ser valorada de manera muy precisa en sus detalles morfológicos y puede generarse un modelo tridimensional real con lo que puede averiguarse el mecanismo de producción. También en lesiones de huesos largos resulta de extrema utilidad este modelado tridimensional.

➤ Tanatología

Se han publicado trabajos enfatizando la utilidad de la espectroscopia RNM en el estudio bioquímico del cadáver. Elementos como la data de la muerte pueden ser calculados en un futuro quizás a expensas de estos elementos bioquímicos que posibilitan una verdadera histoquímica no invasiva.

➤ Identificación

Superposiciones:

Las superposiciones fueron usadas por primera vez en 1935 para identificar restos esqueléticos. Inicialmente la técnica incluía la superposición de una transparencia del cráneo sobre una fotografía ante mortem del sujeto que ha sido re escalada al tamaño correcto y tomada desde los mismos ángulos fotográficos que aquélla. Los dos principales problemas de estas técnicas cuando partimos de fotografías y radiografías son:

- 1.- El factor de magnificación. Las dos imágenes (ante y post mortem) no han sido realizadas a igual distancia ni con análogo zoom. Es necesario, por tanto, re escalar una fotografía al tamaño de la otra.
- 2.- El paralaje. La imagen del cráneo debe ser tomada en el mismo ángulo que lo fue la fotografía original.

El empleo de imagen digital procedente de técnicas radiológicas permite la corrección del paralaje pues podemos girar el modelo tridimensional o multiplanar en el sentido



apropiado y superponerlo con la imagen problema. También es posible la realización de morfometrías comparativas entre los datos de la técnica de imagen y la iconografía previa del sujeto. La TC y la RNM permiten visualizar el rostro del sujeto en un modelo tridimensional, lo que podría aplicarse en el futuro a la realización de esculturas forenses virtuales a efectos identificativos.

➤ Antropología Forense

La morfometría y densitometría tienen evidente interés aquí. Las imágenes obtenidas por TC pueden ser sometidas a mediciones de todos los parámetros antropológicos. La densitometría que proporciona la TC informa en detalle de la mineralización del hueso, por lo que puede aplicarse a cálculos de data de la muerte.

➤ Valoración del daño corporal

Las principales aplicaciones son las siguientes:

- ✓ Morfometría de lesiones (trayectorias, dimensiones, ángulos áreas, volúmenes, etc.)
- ✓ Estudio de causalidad médico-legal
- ✓ Estudio de los mecanismos de producción de las fracturas



Indicaciones para realizar una Virtopsia

En general las indicaciones para la realización de la autopsia virtual incluyen:

- Casos en los que la autopsia no es estrictamente necesaria (la dinámica de la muerte ya es suficientemente clara).
- Los casos en los que la autopsia no ha sido fácil (carbonizados, gran trauma, los niños, el acceso es áreas anatómicas difíciles).
- Casos en los que no se requiera la autopsia, pero el deceso no sea claro.

Entre las ventajas de Virtopsia:

- Mínimamente invasivo (que evita la destrucción y desfiguración del cuerpo).
- Evita el estrés psicológico para los miembros de la familia.
- Tiene alta velocidad de ejecución.
- Bajo costo, si se cuenta con el equipamiento.
- Permite una autopsia mejor dirigida y respetada.
- Admite una mejor conservación de los resultados del examen post-mortem (revalorizado en cualquier momento, incluso después de muchos años).
- Se permite un flujo más fácil de la información
- Se permite una edición de imágenes 3D.

Las diferencias entre el ante-mortem de imágenes y post-mortem

En un comienzo se desconocía el aspecto radiológico (no patológico, normal) de los órganos internos en lo no vivo, gracias a la descomposición, la formación de gas, demacraciones y el cambio en la temperatura del cuerpo. Por lo tanto, a través de los



años se han realizado diversos estudios, para lograr distinguir lo que era un hallazgo normal en el cuerpo, del que no lo era.

La diferencia entre la formación de imágenes en la vida y de formación de imágenes post-mortem es a menudo no reconocida, como, por ejemplo, en la detección de hemorragia craneal; la falta de medio de contraste dificulta la detección de una laceración aórtica, aunque esta falta, puede ser compensada a través de un análisis combinado, CT y MR juntos, más exhaustivo.

Muchos descubrimientos radiológicos post-mortem son perfectamente normales, por ejemplo, los gases de putrefacción o burbujas internas livor mortis (coloración rojiza), aunque son completamente nuevos para los ojos del profesional.

Otros aspectos tales como el edema cerebral, hiperdensidades, y de más, son bien conocidos por el profesional, pero pueden tener significado totalmente diferente post mortem: gas intravenoso, también puede ser una causa de la muerte, pero en el cuerpo está presente como una consecuencia normal de una trauma abierto o descomposición.

En comparación con las imágenes clínicas en la vida, en una formación de imágenes post-mortem un gran problema es la falta de medio de contraste por vía intravenosa después de que un paro circulatorio, por lo que el análisis de las lesiones del parénquima y vasculares es mucho más difícil, menos sensibles y menos específico.

La formación de imágenes en la vida y post mortem, por lo tanto, difieren tan ampliamente entre ellos. En la imagen post mortem se debe tener en cuenta todos esos cambios frecuentes, que se producen después de la muerte, los cuales son señales que no deben confundirlas con signos patológicos para documentar.

Las livideces son visibles no sólo externamente sino también internamente, en la tomografía computarizada de tórax se observa el patrón de vidrio esmerilado en los



lóbulo inferiores. La pared aórtica es a menudo hiperdensa debido a contracción de la pared y la pérdida luminal de presión.

Las burbujas de gas post-mortem son muy comunes debido a la embolia de gas masivo como resultado de un mayor trauma abierto, la respiración artificial o la descomposición inicial, putrefacción, en particular, produce embolia sistémica.

Es difícil, por ejemplo, el diagnóstico de muerte por accidente cerebrovascular gracias a una TC post mortem cuando el paciente muere inmediatamente, ya que el tejido cerebral no tiene el tiempo para desarrollar los signos clásicos de un derrame cerebral, por lo que no se pueden diferenciar las señales que aparecen regularmente en cadáver. Sin embargo, incluso la histología es capaz de detectar un hiperagudo accidente cerebrovascular o infarto agudo de miocardio.

Una gran ventaja de la formación de imágenes post-mortem, es la ausencia de datos de los artefactos de movimiento, de los actos respiratorios, por la peristalsis intestinal, y de la bomba cardiaca, así como el problema de la anulación de la exposición a los rayos x, sin limitación obvia.

De hecho, el defecto de la falta de medio de contraste se compensa en parte por la excelente calidad de las imágenes, en la ausencia de movimientos cardiacos y respiratorios.

Sobre las diferencias entre el preimagen y post mortem:

Signos de muerte no específica

- Pérdida de la diferenciación cortico-medular.
- Hiperdensidad el seno sagital y venas cerebrales.



- Livor mortis interna: pulmón (opacidad de vidrio esmerilado).
- Burbujas de gas.

Signos específicos post mortem

- Hemorragia intracraneal

No existe prácticamente ninguna diferencia en el diagnóstico por imagen de la hemorragia intracraneal entre los vivos y un cadáver.

- Las heridas cortantes y heridas de bala

Es muy fácil determinar el orificio de entrada y salida de una bala en el cráneo, tanto ante y post mortem. En ambos casos se detectan fragmentos de hueso a lo largo de la trayectoria, de manera distal a la perforación ósea.

- Infarto cerebral

Los signos de infarto en los vivos se hacen visibles en la TC después de dos horas. hiperdensidad de los vasos indica una trombosis arterial, mientras que la región infartada aparece hipodensa, en un momento posterior.

Cuando un paciente muere inmediatamente después, el tejido cerebral no tiene tiempo para hincharse más de lo que ocurre normalmente en el proceso de la muerte.

- Estrangulamiento y asfixia

Médicos forenses a menudo son llamados para examinar a la que es víctima de estrangulamiento o asfixia. El examen clínico solo no está anulando el virtual, el examen por TC es de gran ayuda en la detección de hemorragia cutánea, subcutánea, visualizar músculo, lesiones y deformación de los cartílagos laríngeos, edema linfático y



hemorragia. Además, el TC post-mortem, tiene una sensibilidad más alta, en la detección de la fractura del hueso hioides, en comparación con la autopsia clásica.

➤ Hiperdensidad de la pared aórtica

Una TC post mortem muestra una hipodensidad de la pared aórtica y se habla de “desaparición”, debido a la contracción de la pared, la pérdida de presión intraluminal y la sedimentación de la sangre fuera de la luz aórtica. La hiperdensidad más localizada en la pared aórtica, puede ser causada por la aterosclerosis, muy común, también ayuda a localizar la aorta después de la ruptura en el mediastino.

➤ Aorta Desaparecida

Es un fenómeno más evidente en los grandes vasos, tales como la aorta, y también en las arterias pulmonares, la vena cava, las cámaras del corazón, que a menudo se encogen. En menor medida, este signo es visible incluso en las muertes no causadas por hemorragia y se debe a la pérdida de acción de la bomba cardíaca.

➤ Ruptura aórtica

La rotura traumática de aorta es más detectable por TC con medio de contraste en el ser vivo. En el TC post mortem sin medio de contraste, a menudo no es posible ver ruptura aórtica. Pero TC y RM simultaneas, pueden detectar rotura de la aorta con una sensibilidad muy alta.

➤ Traumatismo torácico

El neumotórax, laceración pulmonar, neumomediastino, la fractura del esternón, las costillas o las vértebras, son igualmente bien reconocidos tanto el TC en el ser vivo como en el cadáver, incluso sin medio de contraste, la atelectasia es más fácil de reconocer después de la administración del medio de contraste.



➤ Embolia pulmonar

Sin el medio de contraste, el diagnóstico de la embolia pulmonar es prácticamente imposible, especialmente en el campo de la radiología forense. En la TC post mortem, se pueden encontrar algunos signos indirectos de la embolia pulmonar, como la dilatación del corazón derecho, corazón pulmonar agudo, pero no son específicos.

➤ Ahogo

Formación de imágenes post-mortem generalmente pueden detectar líquido o espuma en las vías respiratorias. El 60% de los casos de ahogamiento muestran un patrón de mosaico de parénquima pulmonar en regiones hipoperfundidas pulmonares o hiperperfundidas, la reabsorción de agua de los pulmones resulta hipodensidades en sangre, con signos de hemodilución e insuficiencia cardíaca. La ingesta de agua salada conduce a edema pulmonar, la distensión del estómago y el duodeno.

➤ Trauma abdominal

La sensibilidad y especificidad de las lesiones a los órganos abdominales es compleja de formación de imágenes post-mortem, debido a la falta de medio de contraste. En radiología clínica la sensibilidad de la TC para ruptura hepática es de 90% después de la administración del medio de contraste, mientras que en el TC post-mortem, sin contraste es sólo el 50%, el CT y MRI alcanzan juntos una mayor sensibilidad, pero siempre por debajo de 90%. El diagnóstico laceración esplénica también es más difícil.



Metodología y Procedimientos

El presente trabajo se realizó como una investigación de tipo exploratoria de forma descriptiva en donde se evaluó, a partir de profesionales de la Tecnicatura en producción de Bioimágenes el aporte de los medios de diagnóstico por imágenes en la Virtopsia.

El procedimiento para recolección de datos elegido consistió en realizar encuestas a Técnicos en Producción de Bioimágenes para conocer que caudal de conocimiento sobre el tema entre los periodos enero 2019 a marzo 2019, además de recolectar datos bibliográficamente para el desarrollo de este.

El universo está compuesto por todos los técnicos y licenciados de en producción de Bioimágenes de Argentina, se tomó una muestra de 23 Técnicos en Producción de Bioimágenes al azar, de una población constituyente de un grupo privado de la red social Facebook.

Se les asignaron las mismas 11 preguntas de opción múltiple, anexadas anteriormente, a la muestra para que sean respondidas sin intervención externa.

Variables:

➤ Conocimiento del método.

Demostrar si los profesionales de la salud tienen conocimientos acerca de la Virtopsia como método de diagnóstico post mortem.

Indicadores: Si accedieron a bibliografía

Si presenciaron congresos sobre la temática

Si ejercen utilizando el método.

➤ Utilidad del método.



Exponer si es probable la eficacia de la Virtopsia como complementario o no de la autopsia convencional.

Indicadores: Evitar la intervención humana en el cadáver

Rapidez del diagnóstico.

- Causa de la muerte.

Se tomará en relevancia el aporte del diagnóstico por imágenes en la investigación de la causa de deceso.

Indicadores: Violenta/ No violenta.

Muerte natural/ Suicidio.

- Tiempo.

En que instancia, hablando de tiempo, es más representativo evaluar el cadáver con los medios imagenológicos.

Indicadores: Medir el tiempo en Horas.

- Anatomía.

La preexistencia de malformaciones de carácter congénito si son influyentes en el diagnóstico por imágenes. Diferenciar entre una patología anatómica de base o no.

Indicadores: Existen/ No existen malformaciones.

Clasificar y cuantificar de alguna manera para su posterior vuelco en gráficos y análisis estadístico.

- Lesiones.

Si dichas lesiones posibilitan o no el uso de la imagen en el diagnóstico.

Indicadores: Tipo de lesión en relación con la imagen observada: óseas, viscerales, cutáneas, musculares, vasculares, nerviosas.



➤ Edad.

Cuantificar con respecto a la edad que tan importante es realizar la Virtopsia a diferencia de la autopsia convencional.

Indicadores: Edad en años.



Análisis de datos

Conocimientos previos acerca de la Virtopsia:

Conocimiento de la Virtopsia	<i>f_i</i>	<i>f_i</i> acumulada	<i>F_i</i>	<i>F_i</i> acumulada	%
He leído	13	13	0,565	0,565	56,5%
He escuchado	10	23	0,43	0,995	43%
Desconozco	0	23	0	0,995	0%
Total	23	23	1	1	100%

Tabla 1.- Conocimiento acerca de la Virtopsia

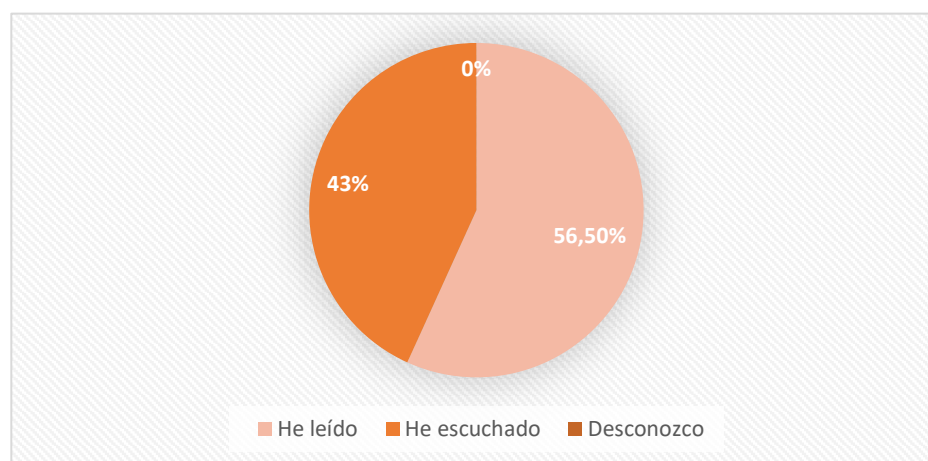


Gráfico 1.- Conocimiento acerca de la Virtopsia

El 57% declaró haber leído alguna vez acerca del método Virtopsia, mientras que un 43% asistieron a congresos donde se tomó como tópico el tema. Ninguno de los encuestados desconocía el tema.

Se podría decir que en líneas generales no existe un desconocimiento acerca de lo que es la Virtopsia por parte de los profesionales de la Bioimagen.

Utilidad de la Virtopsia:

Utilidad del método	<i>f_i</i>	<i>f_i</i> acumulada	<i>F_i</i>	<i>F_i</i> acumulada	%
Es útil	15	15	0,65	0,65	65%
Lo es, aunque no reemplaza la autopsia	8	23	0,34	1	35%
Total	23	23	1		100%

Tabla 2.- Utilidad del método

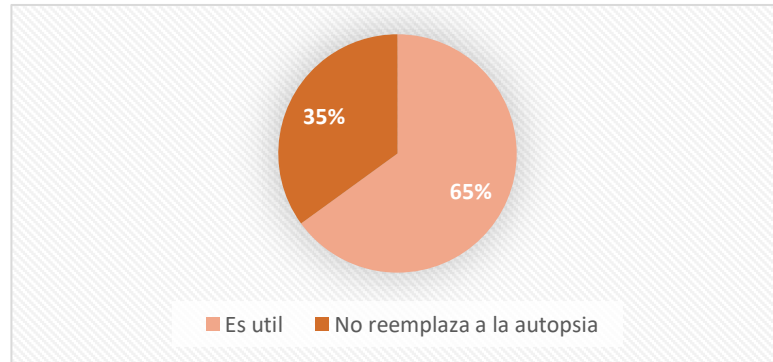


Gráfico 2.- Utilidad del método

En cuanto a la utilidad de la Virtopsia los encuestados reflejaron un 65% para la afirmarla en los casos de preservar al cadáver, ya que fomenta la poca manipulación del mismo sometiéndolo a una autopsia virtual y de invasión mínima con los medios de imágenes como la TC, RM y la RX; y un 35% para afirmar que lo era, pero no más sin la compañía de la autopsia convencional, ya que con ella se revelan datos aún más precisos de la muerte como por ejemplo para responder en base a que enfermedad falleció una persona, el cómo y el por qué, además de asistir en casos legales.

Relevancia de su aporte:

Relevancia del aporte	fi	fi acumulada	Fi	Fi acumulada	%
Aporta datos	17	17	0,73	0,73	73%
Reemplazaría a la autopsia	2	19	0,08	0,81	8%
No es relevante su aporte	4	23	0,17	0,99	17%
Total	23				100%

Tabla 3.- Relevancia del aporte de la Virtopsia

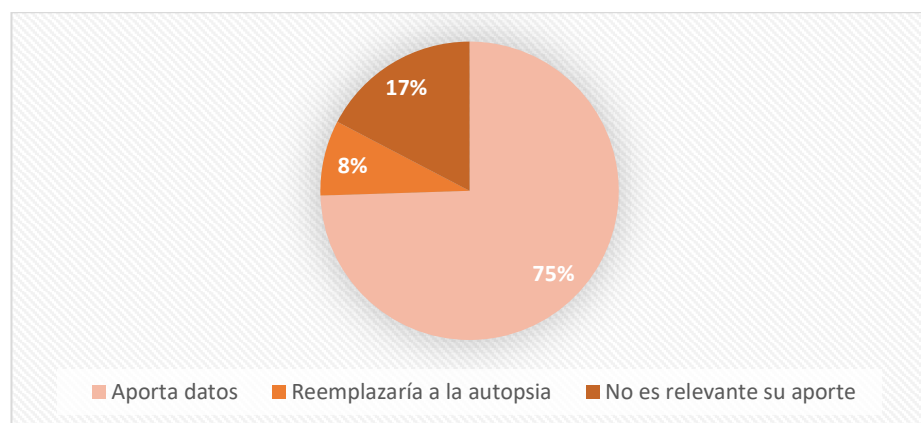


Gráfico 3.- Relevancia del aporte de la Virtopsia



Acerca del aporte de datos relevantes al diagnóstico post mortem los resultados fueron con un 73% a favor de que aporta para revelar el porqué del acontecimiento que llevo al deceso, ya que demuestra en tiempo real y virtual las intervenciones externas o internas de las causas de la muerte, un 8% afirma que reemplazaría a la apertura cadavérica y estudios forenses, y un 17% que no es necesario su aporte ya que con la autopsia convencional es suficiente.

Por lo tanto, la Virtopsia es un aporte significativo ante el diagnostico post mortem.

Prevención de enfermedades:

<i>Prevencion de enfermedades</i>	<i>fi</i>	<i>fi acumulada</i>	<i>Fi</i>	<i>Fi acumulada</i>	<i>%</i>
<i>Previene</i>	18	18	0,78	0,18	78%
<i>No previene</i>	5	23	0,22	1	22%
<i>Total</i>	23				100%

Tabla 4.- Prevención de enfermedades infecciosas

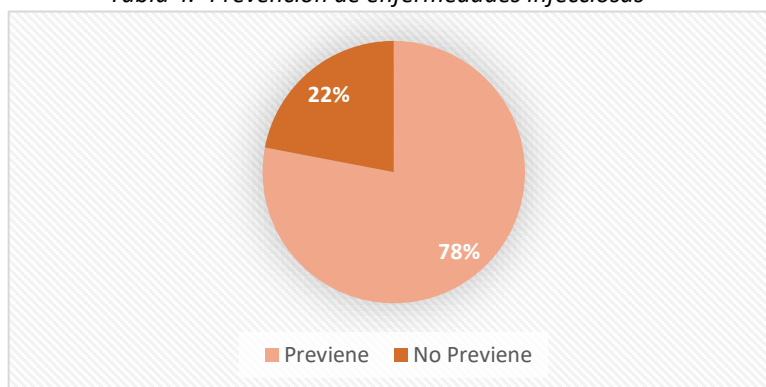


Gráfico 4.- Prevención de enfermedades infecciosas

En cuanto al aporte de la Virtopsia en la prevención de enfermedades infecciosas para el operador se evidencio un 78% a favor del método debido a que si no se tomaran los recaudos necesarios el médico forense se expondría a diferentes enfermedades infecciosas a la hora de la apertura del cadáver; y un 23% estuvo de acuerdo, pero argumento que los medios de contagio son diversos y el estudio virtual podría no evitar todos.

Métodos de diagnóstico que incluye:

<i>Métodos que incluye</i>	<i>fi</i>	<i>fi acumulada</i>	<i>Fi</i>	<i>Fi acumulada</i>	<i>%</i>
<i>Rayos x</i>	0	0	0	0	0%
<i>Resonancia</i>	0	0	0	0	0%
<i>Tomografía</i>	0	0	0	0	0%
<i>Fotogrametría</i>	0	0	0	0	0%
<i>Todos</i>	23	23	1	1	100%
<i>Total</i>	23				

Tabla 5.- Métodos de diagnóstico que comprende

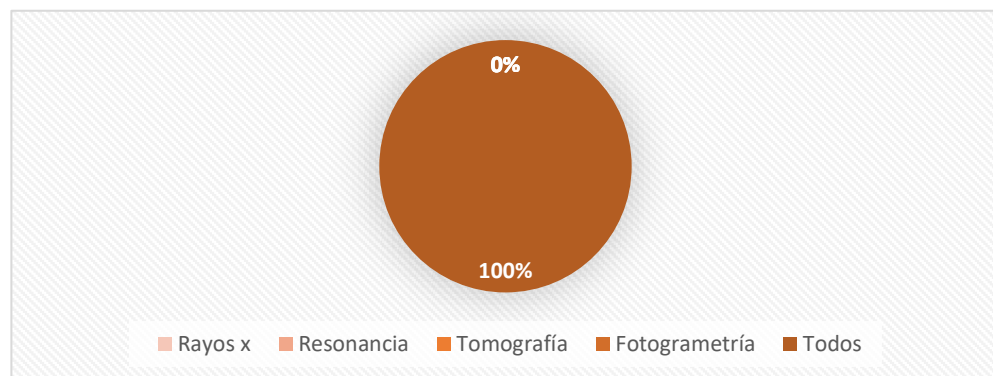


Gráfico 5.- Métodos de diagnóstico que comprende

Los entrevistados respondieron el 100% que los métodos de diagnóstico de la Virtopsia comprendían los Rayos X, Tomografía, Resonancia, y Fotogrametría. Dado estos resultados y el anterior análisis del conocimiento acerca de la Virtopsia, se incluye a todos los métodos de diagnóstico como integrantes del diagnóstico post mortem.

Esclarecimiento de causas de muerte:

Esclarecimiento de las causas de muerte	fi	fi acumulada	Fi	Fi acumulada	%
Aporta datos	20	20	0,14	0,14	14%
Suficiente con pericias policiales y medicas	3	23	0,86	100	86%
Total	23		1		100%

Tabla 6.- Aporte ante el esclarecimiento de causantes de muerte

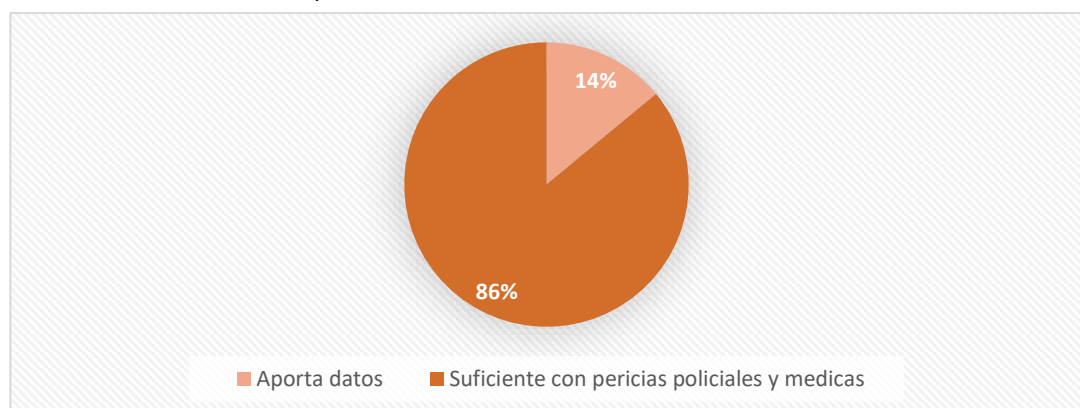


Gráfico 6.- Aporte ante el esclarecimiento de causantes de muerte



La opinión acerca de si la Virtopsia contribuyese a esclarecer causantes de muertes arrojó un 86% que aportaría datos altamente relevantes y un 12% que con las pericias policiales e informes forenses es suficiente.

Dado a que es un estudio de alta complejidad, la Virtopsia revelara datos interesantes a la hora del diagnóstico post mortem.

Efectividad del método en relación con el tiempo post mortem:

<i>Intervención del tiempo post mortem</i>	<i>fi</i>	<i>fi acumulada</i>	<i>Fi</i>	<i>Fi acumulada</i>	<i>%</i>
<i>Influye</i>	21	21	0,91	0,91	91%
<i>No influye</i>	2	23	0,087	1	9%
<i>Total</i>			1		100%

Tabla 7.- Influencia del tiempo post mortem

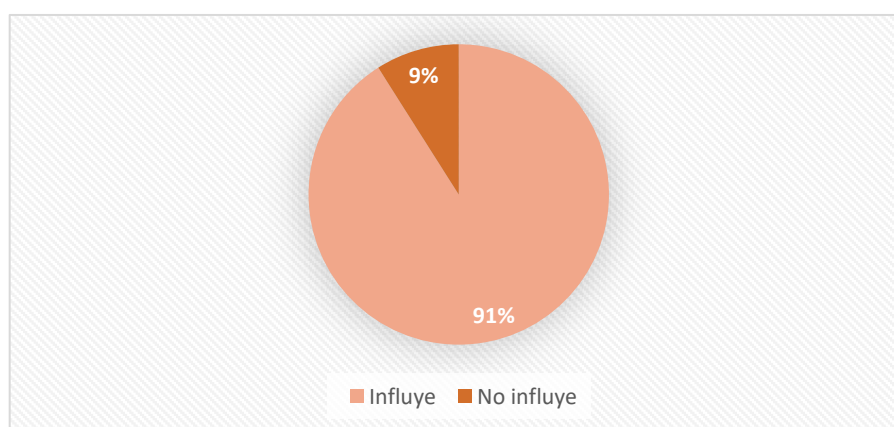


Gráfico 7.- Influencia del tiempo post mortem

Con un 91% los encuestados arrojaron que el tiempo post mortem es decisivo a la hora de analizar un cadáver, ya que a mayor tiempo mayores modificaciones sufrirá. Y un 9% afirmó que el tiempo no es de tanta importancia.

Influencia de malformaciones de base:

<i>Influencia de malformaciones de base</i>	<i>fi</i>	<i>fi acumulada</i>	<i>Fi</i>	<i>Fi acumulada</i>	<i>%</i>
<i>Si influyen</i>	19	19	0,82	0,82	82%
<i>No influyen</i>	4	23	0,18	1	18%
<i>Total</i>	23		1		100%



Tabla 8.- Influencia de mal formaciones de base

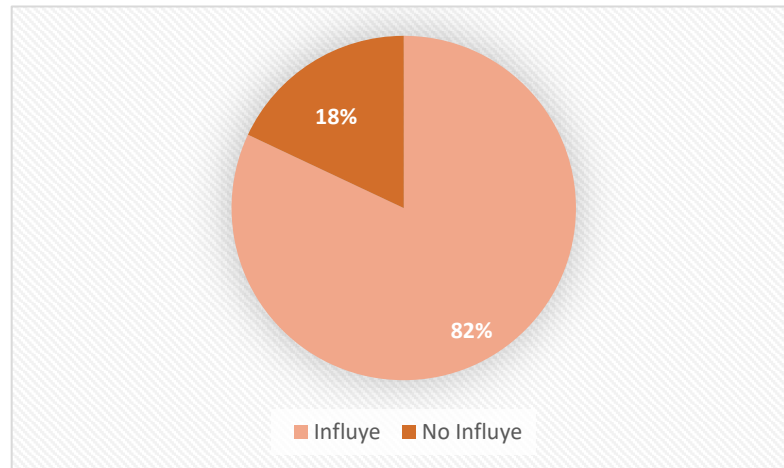


Gráfico 8.- Influencia de mal formaciones de base

En un 82% las mal formaciones de base influyen en la labor de la Virtopsia y en un 18% no influyen en la tarea.

Por ello, las malformaciones de base pueden ser confundidas con patologías causantes del deceso si no se tiene importante atención a la historia clínica previa del fallecido.

Preservación de las lesiones iniciales:

Preservación de las lesiones iniciales	<i>fi</i>	<i>fi acumulada</i>	<i>Fi</i>	<i>Fi acumulada</i>	%
No preserva lesiones originales	5	5	0,22	0,22	22%
Las preserva	18	23	0,78	1	78%
Total	23				100%

Tabla 9.- Preservación de lesiones originales



Gráfico 9.- Preservación de las lesiones



Acerca de la importancia del método para la conservación original de las lesiones provocantes del deceso se arrojó 22% para hacer referencia a que esto es insignificante ya que la Virtopsia se acompaña de la disección por lo tanto el estado original del cuerpo se modificaría. Mientras que el 78% opina que como es un suceso virtual se preserva el estado del cadáver.

Influencia de la edad en el método:

x	x_i	f_i	f_i-ac	F_i	F_i-ac	$x_i.f_i$	%
[0;15)	7,5	15	15	0,65	0,65	112,5	65%
[15;30)	22,5	5	20	0,22	0,86	112,5	22%
[30;45)	37,5	0	20	0	0,86	0	0%
[45;60)	52,5	0	20	0	0,86	0	0%
[60;75)	67,5	0	20	0	0,86	0	0%
[75;90)	82,5	3	23	0,13	1	247,5	13%
[90;100)	95	0	23	0		0	0%

Tabla 10.- Influencia de la edad en el uso de la Virtopsia

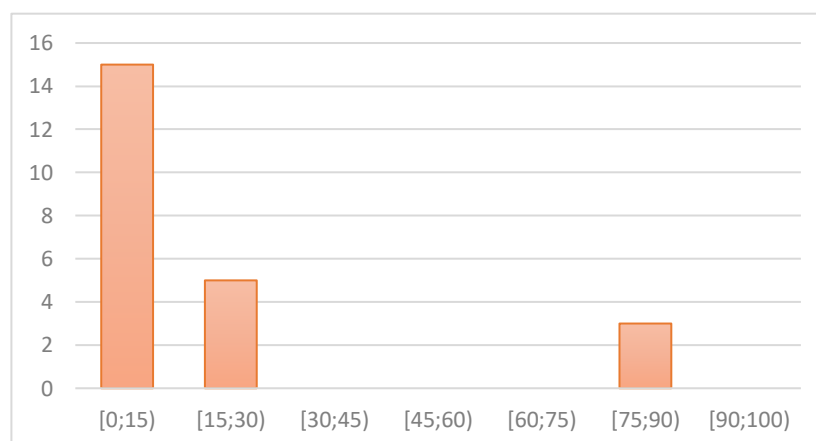


Gráfico 10.- Importancia de la edad para justificar el método.

Se cuestiono sobre la influencia de las edades en el método de diagnóstico, los resultados fueron un 65% para que en las edades de entre 0 y 15 años justifica el uso de la Virtopsia, un 22% entre las edades de 15 y 30 años, y un 13% en edades entre 75 y 90 años.

Se podría justificar que a menor edad la disección y examinación es mas laboriosa por lo tanto la Virtopsia seria digna de realizar para así colaborar con la preservación cadavérica.

Autoridad religiosa:

<i>Autoridad religiosa</i>	f_i	f_i acumulada	F_i	F_i acumulada	%
No es relevante	18	18	0,78	0,78	78%
Es relevante	5	23	0,22	1	22%



Total	23	1	100%
-------	----	---	------

Tabla 11.- Autoridad religiosa en el uso del método.

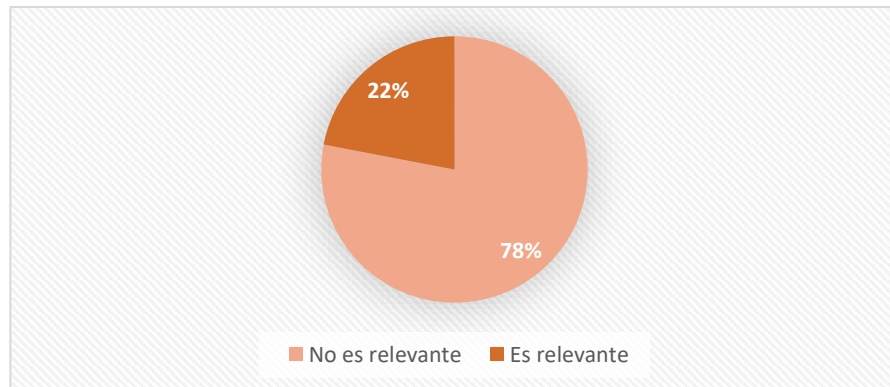


Gráfico 11.- Autoridad religiosa en el uso del método.

Se pregunto sobre la autoridad de las creencias religiosas en el uso del método y resulto un 78% que no son relevantes y un 22% que lo son.

A pesar de que en ciertas creencias se le rinde culto al cadáver, la Virtopsia puede o no influir en la decisión a la hora de exponer al cuerpo a un examen exhaustivo ya que la negativa puede existir de igual manera. Como así también una creencia religiosa puede ser pasada por alto a la hora de un análisis forense.



Conclusión

La presente tesis tuvo como objetivo central demostrar la importancia de las imágenes en el diagnóstico post mortem, y más específicamente, fundamentar el empleo de la Resonancia y Tomografía como medios capaces de proporcionar información sobre las lesiones de los cadáveres y presentar las ventajas de las imágenes 3D en la inspección corporal no invasiva en ciencias forenses.

Por lo tanto, es importante destacar la relevancia del aporte de los medios de diagnóstico por imágenes en un cadáver, ya que preservaría el estado de este aprovechando la virtud de este de revelar el porqué de su muerte.

Al ser estudios no invasivos como por ejemplo, la Resonancia Magnética, Tomografía, Rayos X, entre otros, se expone al mínimo al cadáver a su incisión, disección, y apertura, pudiendo simular una autopsia virtual, la cual podemos modificar interactivamente mostrando distintos planos corporales, siendo estos cortes axiales, sagitales, coronales e incluso realizar reconstrucciones que develaran distintos eventos que pueden ser indicativos del porqué del fallecimiento o aún más, revelar si fue suicidio o asesinato, siendo esto de suma importancia para lo médico-legal y forense.

No es de menos importancia dar nota sobre la baja probabilidad de hallarse en contacto con fluidos o secreciones del cadáver las cuales aumentaría el contagio de enfermedades. Si el operador es cuidadoso y practica el estudio con precaución se evitará el contagio de males menores por parte de los cadáveres.

Además, toman un rol importante las creencias personales, ya que en ciertas culturas sería de ofensa practicar estudios médicos post mortem. Existe una preferencia por preservar el estado del fallecido, rindiéndole un culto. En este aspecto juega un rol decisivo el diagnóstico por imágenes dado que es no invasivo y puede revelar con alta efectividad la causa del deceso.

Es importante mencionar que la Virtopsia colabora además con estudios científicos, como con la toma de imágenes en hallazgos históricos preservando la pieza en su estado original, por mencionar un ejemplo las momias las cuales sería trabajoso examinar de una manera diferente.



A pesar de que al comienzo es una inversión monetaria importante la adquisición de un equipo de diagnóstico por imágenes, cualquiera de ellos se trate, los costos del diagnóstico post mortem son bajos, y se aprovecharía al máximo y optimizaría el tiempo de reconstrucción de imágenes para evaluar las causas de las muertes.



Bibliografía:

- Servicio de Neurocirugía. Hospital MAZ. Avenida de la Academia General Militar, 74. 50015-Zaragoza. (26 de enero de 2006)

Recuperado de:

http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-76062005000200001

- Informe periodístico de Xakata Ciencia. (5 de octubre de 2006)

Recuperado de:

<https://www.xatakaciencia.com/tecnologia/virtopsia-autopsia-virtual>

- Health Management, (21 de mayo de 2004).

Recuperado de:

<http://virtopsy.com/publications/>

- Virtopsia como avance tecnológico de la ubicación de proyectiles en el servicio nacional de Medicina y Ciencias Forenses, Valencia- Estado Carabobo, Naguanagua (octubre 2016).

Recuperado de:

<http://riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/5886/1/ahernandez.pdf>

- Revista Digital para los profesionales de la enseñanza, Andalucía (septiembre 2009)

Recuperado de:

<https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd5406.pdf>

- La autopsia virtual (Virtopsia): La radiología en la Medicina Forense (Revista Sanid Milit Mex 2013).

Recuperado de:

<https://www.medigraphic.com/pdfs/sanmil/sm-2013/sm133d.pdf>

- Virtopsia. Aplicaciones de un nuevo método de inspección corporal no invasiva en ciencias forenses. (abril 2005)

Recuperado de:

<http://scielo.isciii.es/pdf/cmfn40/Art01.pdf>

- Virtopsia: Un mundo virtual para conocer la medicina legal.

Recuperado de:

<https://noticias.utpl.edu.ec/virtopsia-un-mundo-virtual-para-aprender-medicina-legal>

- La autopsia virtual (Virtopsia): La radiología en la Medicina forense.

Recuperado de:



<https://docplayer.es/59134640-La-autopsia-virtual-virtopsia-la-radiologia-en-la-medicina-forense.html>

- Autopsias Virtuales. (Artículo periodístico, Dic 2003)

Recuperado de:

<https://www.intramed.net/contenido.asp?contenidoid=27514>

- Principios de la Tomografía. (Revista digital, 2009)

Recuperado de:

<https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd5406.pdf>

- Introducción a la Fotogrametría.

Recuperado de:

<http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/iluis/publicaciones/Fotogrametr%EDa/CA/PITULO1.pdf>

- Principios de la Resonancia Magnética. (octubre, 2010)

Recuperado de:

<https://librossanitarios.files.wordpress.com/2012/12/principios-de-resonancia-magnc3a9tica-11.pdf>



ANEXOS



Las siguientes consignas fueron presentadas de manera virtual a los voluntarios a fines al concepto de Virtopsia, a responderla en la red social.

Cuestionario:

- 1) ¿Conoce el método de diagnóstico acreditado como Virtopsia?
 - ☐ He leído acerca de él.
 - ☐ He escuchado en congresos o clases sobre esta temática
 - ☐ No conozco el método.
- 2) ¿Cree usted que la Virtopsia es útil?
 - ☐ Es útil para los casos en los cuales se precise poca manipulación del cadáver.
 - ☐ Lo es, aunque no reemplaza el método tradicional de estudio cadavérico.
- 3) ¿Aporta datos relevantes para el diagnóstico post mortem?
 - ☐ Permite revelar el porqué del acontecimiento.
 - ☐ Reemplazaría a la autopsia convencional la cual incluye la disección cadavérica.
 - ☐ Con la autopsia convencional es suficiente.
- 4) ¿Ayudaría en los casos donde exista un contexto patológico de carácter infeccioso la Virtopsia?
 - ☐ Dado a que es un análisis virtual sería de gran ayuda.
 - ☐ A pesar del beneficio de no diseccionar el cadáver existen, además, otros medios de contagio de enfermedades.
- 5) ¿Cuáles son los métodos que esta modalidad de trabajo incluye?
 - ☐ Rayos x
 - ☐ Tomografía
 - ☐ Resonancia Magnética
 - ☐ Fotogrametría digital y escaneo de superficie en 3D
- 6) En Argentina actualmente no se emplea la Virtopsia, ¿Sería de gran ayuda su utilización para el esclarecimiento de los causantes de muerte?
 - ☐ No, ya con las pericias policiales y reportes médico-forenses habituales es suficiente.
 - ☐ Si, ya que se manipularía en menor medida el cadáver y se obtendrían mejores resultados.



- 7) El tiempo post mortem, ¿es decisivo en la efectividad de este método?
- ☐ Desde ya, cuanto antes se realice mejor efectividad.
 - ☐ No, ya que además incluye autopsia convencional y se avanzara de igual manera.
- 8) La preexistencia de mal formaciones de base, ¿influyen en la labor de la Virtopsia?
- ☐ Si.
 - ☐ No.
- 9) Las lesiones causantes del deceso son importantes en el esclarecimiento de los casos. Este método ¿contribuye a mantener las lesiones como en su origen?
- ☐ Dentro del término Virtopsia se incluye la autopsia con disección cadavérica, entonces se podría lesionar más de la cuenta al cadáver.
 - ☐ Es un suceso meramente virtual, por lo tanto, preserva el estado inicial del cadáver.
- 10) La edad del cadáver, ¿es un factor importante que justifica el uso de la Virtopsia?
- ☐ Es importante para edades entre 0 y 15 años.
 - ☐ Es importante para edades entre 15 y 30 años.
 - ☐ Es importante para edades entre 30 y 45 años.
 - ☐ Es importante para edades entre 45 y 60 años.
 - ☐ Es importante para edades entre 60 y 75 años.
 - ☐ Es importante para edades entre 75 y 90 años.
 - ☐ Es importante para edades mayores a 90 años.
 - ☐ Nada importante.
- 11) Creencias religiosas, o de vida, ¿son hechos decisivos a la hora de tomar la decisión de realizar una Virtopsia?
- ☐ No son importantes, no se toman como hechos relevantes.
 - ☐ Si son importantes



Grilla de análisis de encuestados:

Encuestados	Conocimiento del método	Utilidad	Aporte del método
Encuestado nº1	He leído	Es útil	Reemplaza a autopsia
Encuestado nº2	He leído	No reemplaza la autopsia	Revela el porque
Encuestado nº3	He leído	No reemplaza la autopsia	Autopsia es suficiente
Encuestado nº4	He leído	Es útil	Reemplaza a autopsia
Encuestado nº5	He leído	Es útil	Revela el porque
Encuestado nº6	He leído	Es útil	Revela el porque
Encuestado nº7	He leído	Es útil	Revela el porque
Encuestado nº8	He escuchado	No reemplaza la autopsia	Revela el porque
Encuestado nº9	He leído	Es útil	Revela el porque
Encuestado nº10	He escuchado	Es útil	Revela el porque
Encuestado nº11	He escuchado	Es útil	Revela el porque
Encuestado nº12	He escuchado	Es útil	Revela el porque
Encuestado nº13	He leído	No reemplaza la autopsia	Autopsia es suficiente
Encuestado nº14	He escuchado	No reemplaza la autopsia	Revela el porque
Encuestado nº15	He leído	No reemplaza la autopsia	Autopsia es suficiente
Encuestado nº16	He leído	Es útil	Revela el porque
Encuestado nº17	He leído	Es útil	Revela el porque
Encuestado nº18	He leído	Es útil	Revela el porque
Encuestado nº19	He escuchado	No reemplaza la autopsia	Revela el porque
Encuestado nº20	He escuchado	Es útil	Revela el porque
Encuestado nº21	He escuchado	Es útil	Autopsia es suficiente
Encuestado nº22	He escuchado	Es útil	Revela el porque



Encuestado nº23	He escuchado	No reemplaza la autopsia	Revela el porque
------------------------	--------------	--------------------------	------------------

Encuestados	Prevención de enfermedades	Métodos que incluye	Esclarece causas de muerte
Encuestado nº1	Previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	No
Encuestado nº2	No previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº3	Previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº4	No previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº5	Previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº6	Previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº7	Previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº8	Previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº9	No previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº10	No previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº11	No previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº12	Previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº13	Previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº14	Previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	No
Encuestado nº15	Previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº16	Previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº17	Previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº18	Previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº19	Previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	No
Encuestado nº20	Previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº21	Previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº22	Previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si
Encuestado nº23	Previene	RX, TC, RM, FOTOGR.	Si



Encuestados	Influencia del tiempo	Influencia de malformaciones	Preservación de lesiones
Encuestado nº1	No	Si	Preserva
Encuestado nº2	Si	Si	Preserva
Encuestado nº3	No	Si	Preserva
Encuestado nº4	Si	Si	No preserva
Encuestado nº5	Si	Si	No preserva
Encuestado nº6	Si	Si	Preserva
Encuestado nº7	Si	No	No preserva
Encuestado nº8	Si	Si	No preserva
Encuestado nº9	Si	Si	Preserva
Encuestado nº10	Si	Si	Preserva
Encuestado nº11	Si	Si	Preserva
Encuestado nº12	Si	No	Preserva
Encuestado nº13	Si	Si	No preserva
Encuestado nº14	Si	Si	Preserva
Encuestado nº15	Si	Si	Preserva
Encuestado nº16	Si	Si	Preserva
Encuestado nº17	Si	No	Preserva
Encuestado nº18	Si	Si	Preserva
Encuestado nº19	Si	Si	Preserva
Encuestado nº20	Si	Si	Preserva
Encuestado nº21	Si	Si	Preserva
Encuestado nº22	Si	No	Preserva
Encuestado nº23	Si	Si	Preserva



Encuestados	Influencia de la edad	Influencia de creencias
Encuestado nº1	Entre 0 y 15 años	Si
Encuestado nº2	Entre 0 y 15 años	No
Encuestado nº3	Entre 15 y 30 años	Si
Encuestado nº4	Entre 75 y 90 años	No
Encuestado nº5	Entre 75 y 90 años	Si
Encuestado nº6	Entre 0 y 15 años	Si
Encuestado nº7	Entre 0 y 15 años	No
Encuestado nº8	Entre 0 y 15 años	Si
Encuestado nº9	Entre 0 y 15 años	No
Encuestado nº10	Entre 15 y 30 años	No
Encuestado nº11	Entre 0 y 15 años	No
Encuestado nº12	Entre 0 y 15 años	Si
Encuestado nº13	Entre 0 y 15 años	Si
Encuestado nº14	Entre 0 y 15 años	No
Encuestado nº15	Entre 75 y 90 años	No
Encuestado nº16	Entre 15 y 30 años	No
Encuestado nº17	Entre 15 y 30 años	No
Encuestado nº18	Entre 0 y 15 años	No
Encuestado nº19	Entre 0 y 15 años	No
Encuestado nº20	Entre 0 y 15 años	No
Encuestado nº21	Entre 0 y 15 años	No
Encuestado nº22	Entre 0 y 15 años	No
Encuestado nº23	Entre 15 y 30 años	No



Tabla de variables e indicadores

<i>Variables</i>	<i>Indicadores</i>
Conocimiento del método	Posible acceso a bibliografía Presencia en congresos sobre la temática Ejercicio del método en la labor del Técnico.
Utilidad del método.	Evitar la intervención humana en el cadáver Rapidez del diagnóstico Preservación del cuerpo
Causa de muerte	Muerte natural/ Suicidio. Violenta/No Violenta
Tiempo post mortem	Medido en Horas Injerencia del tiempo en la evolución del cadáver
Anatomía	Existen/ No existen malformaciones de base que interfieran en el diagnóstico.
Lesiones	Tomar en cuenta las lesiones previas al diagnóstico ya sean, óseas, viscerales, cutáneas, musculares, vasculares, nerviosas.
Edad	La importancia de la edad a la hora de definir la Virtopsia como método, media en años.

